

STUDI TUNGKU GASIFIKASI DENGAN PENAMBAHAN REFLEKTOR PADA BURNER DENGAN VARIASI BENTUK BULAT, SEGIEMPAT DAN SEGITIGA TERHADAP SUDUT VERTIKAL (0° , 30° , 45° , DAN 60°)

Shobar Bukhori Rizki Romadlon¹, Wijianto², Waluyo Adi Siswanto³

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email: d200110004@student.ums.ac.id

Abstrak

Pertumbuhan penduduk yang semakin pesat membuat volume sampah terus ada dan tidak akan berhenti diproduksi oleh kehidupan manusia, jumlahnya akan berbanding lurus dengan jumlah pertumbuhan penduduk, maka meningkatnya jumlah penduduk ini berdampak pada bertambahnya sampah dan semakin meningkatnya tingkat konsumsi energi fosil yang ketersediaannya terus menipis. Dari beberapa teknologi yang telah berkembang untuk mengolah sumber energi biomassa diantaranya dengan metode gasifikasi. Penelitian ini menggunakan tungku gasifikasi updraft berbahan bakar sekam padi dan menggunakan variasi reflektor pada burner dengan bentuk bulat, segiempat dan segitiga terhadap sudut vertikal (0° , 30° , 45° , dan 60°). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui suhu pembakaran yang dihasilkan reflektor dan menguji efisiensi bentuk reflektor dalam performa gasifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan reflektor pada burner mempengaruhi temperatur api dan efisiensi termal. Pada penggunaan reflektor bulat temperatur tertinggi diperoleh 728°C dan temperatur rata – rata $626,39^{\circ}\text{C}$ serta nyala efektif 39 menit oleh reflektor dengan sudut 45° . Pada penggunaan reflektor segiempat temperatur tertinggi diperoleh 762°C dan temperatur rata – rata $653,64^{\circ}\text{C}$ serta nyala efektif 41 menit dengan reflektor segiempat sudut 60° . Penggunaan reflektor segitiga menghasilkan temperatur api paling tinggi adalah reflektor sudut 30° dengan 771°C dan temperatur rata – rata $612,95^{\circ}\text{C}$ nyala efektif 46,5 menit. Sedangkan efisiensi paling tinggi pada reflektor bentuk bulat yaitu reflektor sudut 0° dan 60° dengan 16,09%. Pada pengujian reflektor segiempat efisiensi tertinggi oleh reflektor sudut 0° 13,89%. Reflektor bentuk segitiga efisiensi tertinggi pada reflektor sudut 30° dengan 14,73%.

Kata kunci : Gasifikasi, Reflektor, Sekam Padi, Temperatur Api, Efisiensi Termal

Abstract

The population growth which is getting higher and higher makes the waste volume always exists and will never stop of being produced by the life. The amount will be directly proportional to the amount of population growth. Therefore, the increase in population has an impact on the increase in waste and the increase in consumption of fossil energy which its availability is getting fewer and fewer. From several technologies which have been developed to manage the biomass energy sources, one of them is through gasification method. This research used an updraft gasification furnace with the fuel of rice husk and used a variation of reflector in the burner by shapes of round, rectangle and triangle on the vertical angles (0° , 30° , 45° , and 60°). The purposes of this research are to know the burning temperature resulted from the reflector and to test the efficiency of the reflector shapes in the gasification performance. The results of the research showed that the addition of reflector in the burner influenced the fire temperature and the thermal efficiency. In the use of a round reflector, the highest temperature obtained was 728°C and the average temperature was 626.39°C and the effective flame was 39 minutes by the reflector with an angle of 45° . In the use of a rectangle reflector, the highest temperature obtained was 762°C and the average temperature was 653.64°C and the effective flame was 41 minutes with a rectangle reflector of an angle of 60° . The use of a triangle reflector which resulted in the highest temperature of fire was the reflector of an angle of 30° that was 771°C and the average temperature was 612.95°C and the effective flame was 46.5 minutes. Meanwhile, the highest efficiency in the round reflector was the reflector of angles of 0° and 60° with

16.09%. In the test of rectangle reflector, the highest efficiency was by the reflector of an angle of 0° that was 13.89%. In the triangle reflector, the highest efficiency was in the reflector of an angle of 30° with 14.73%.

Keywords: Gasification, Reflector, Rice Husk, Fire Temperature, Thermal Efficiency

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk yang semakin pesat membuat volume sampah terus ada dan tidak akan berhenti diproduksi oleh kehidupan manusia, jumlahnya akan berbanding lurus dengan jumlah penambahan penduduk, maka meningkatnya jumlah penduduk ini berdampak pada bertambahnya sampah dan semakin meningkatnya tingkat konsumsi energi fosil yang ketersediaannya terus menipis dikarenakan merupakan sumber energi tak terbarukan. Dari dampak yang ditimbulkan tersebut, diperlukan penanganan pengolahan sampah yang ada serta dicari sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui.

Sumber energi alternatif yang dapat dikembangkan sebagai pengganti bahan bakar fosil salah satunya adalah biomassa. Biomassa adalah bahan- bahan organikberumur relatif muda yang berasal dari tumbuhan atau hewan, baik yang terbentuk dari hasil produksinya, sisa metabolismenya, ataupun limbah yang dihasilkannya.Salah satu contoh energi biomassa adalah sekam padi, dimana ketersediaannya sangat melimpah. Dari beberapa teknologi yang telah berkembang untuk mengolah sumber energi biomassa diantaranya dengan metode gasifikasi.

Gasifikasi adalah suatu proses perubahan bahan bakar padat menjadi gas, dimana udara yang diperlukan lebih sedikit dari udara yang dipakai untuk pembakaran. Pada proses gasifikasi ini menghasilkan sumber energi alternatif lain sebagai solusi dari menipisnya sumber energi fosil yang ada.

Oleh sebab itu penelitian – penelitian yang dilakukan oleh peneliti untuk mengembangkan tekonoologi gasifikasi ini.Untuk itu penulis mengangkat hal tersebut menjadi tugas akhir dengan judul studi tungku gasifikasi dengan penambahan reflektor pada burner dengan variasi bentuk bulat, segiempat, dan segitiga dengan sudut vertikal (0° , 30° , 45° , 60°).

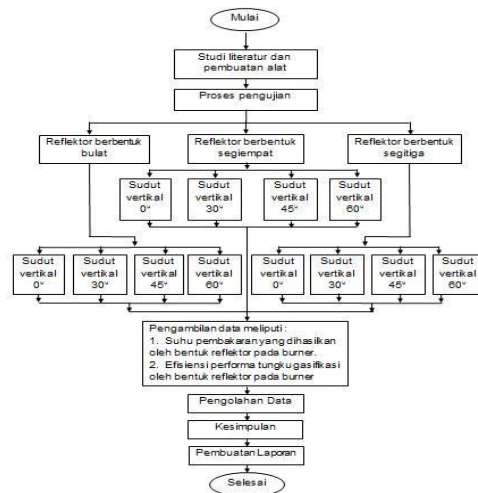
1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui suhu pembakaran yang dihasilkan oleh bentuk reflektor pada burner.
2. Menguji efisiensi bentuk reflektor pada burner terhadap performa tungku gasifikasi.

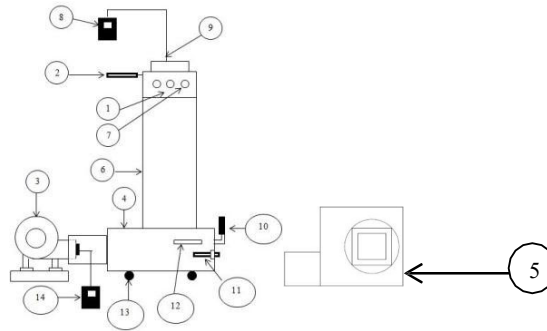
2. METODE

2.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir

2.3 Instalasi Penelitian



Gambar 2 Instalasi Pengujian

Keterangan:

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1. Burner | 8. Thermocouple reader |
| 2. Pegangan Burner | 9. Thermocouple |
| 3. Blower | 10. Ash discharge lever |
| 4. Ask Chanber | 11. Pengunci |
| 5. Reflektor | 12. Pegangan Pintu |
| 6. Silinder gasifier | 13. Roda |
| 7. Lubang secondary | 14. Anemometer Digital |

2.4 Alat dan Bahan Alat Penelitian

1. Gasifier Updraft tungku gasifikasi disusun dari reaktor berbentuk silinder terdiri dari pipapenyuplai udara, penampung abu serta tempat keluarnya gas metana.
2. Blower untuk menyuplai udara atau oksigen ke ruang pembakaran sehingga memperlancar proses gasifikasi.
3. Thermocouple untuk mengukur suhu atau temperatur nyala api pada pengujian.
4. Timbangan digunakan untuk menimbang massa bahan bakar sekam padi yang akan digunakan dalam pembakaran.
5. Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara yang akan masuk ke dalam reaktor.
6. Gelas ukur digunakan untuk mengukur massa air pada percobaan pendidihan air.
7. Stopwatch Digital digunakan untuk mencatat waktu pada dalam pengujian.
8. *Burner* untuk mencampur udara dengan gas agar memperoleh oksigen dalam proses pembakaran.
9. Reflektordigunakan untuk memusatkan api pada tungku gasifikasi agar temperatur nyala api meningkat.
 - a. Reflektor Bentuk Bulat



Gambar 3 Keterangan dari kiri reflektor bulat sudut 0°,30°,45°,60°

- b. Reflektor bentuk segiempat



Gambar 4 Keterangan dari kiri reflektor segiempat sudut 0°,30°,45°,60°

- c. Reflektor bentuk segitiga



Gambar 5 Keterangan dari kiri reflektor segitiga sudut $0^{\circ}, 30^{\circ}, 45^{\circ}, 60^{\circ}$

2.5 Bahan Penelitian

Bahan bakar yang digunakan sekam padi ukuran 10 mesh.

2.6 Tahapan penelitian

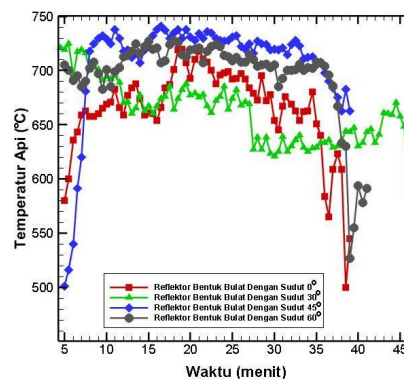
Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menimbang bahan bakar sekam padi yang sudah di crashing dengan berat 1,5 Kg setiap pengujian.
2. Memasukkan sekam padi yang sudah ditimbang ke dalam reaktor.
3. Mengukur air sebesar 2 liter kemudian dimasukkan ke dalam panci.
4. Memasang reflektor ke dalam burner dan memastikan tidak ada kebocoran dari samping reflektor agar api yang dihasilkan terpusat.
5. Memberi sedikit cairan bensin sebelum dibakar. Kemudian blower dinyalakan dengan kecepatan udara yang sudah ditentukan.
6. Kemudian membakar sekam yang sudah dikasih sedikit bensin tersebut dan tunggu sampai mati hingga muncul asap.
7. Memasang burner yang sudah terpasang reflektor, diatas reaktor untuk mencampur gas dan oksigen.
8. Mencatat waktu per 30 detik temperatur api sampai bahan bakar habis.
9. Setelah api menyala menaruh panci yang sudah terisi air di atas burner.
10. Mengambil data kenaikan temperatur air setiap satu menit dalam 2 liter air.
11. Mengukur volume air setelah api berhenti menyala.
12. Melakukan percobaan yang sama untuk penelitan selanjutnya menggunakan aliran udara yang sama dengan variasi reflektor berbeda.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perbandingan Temperatur Api Pada Reflektor

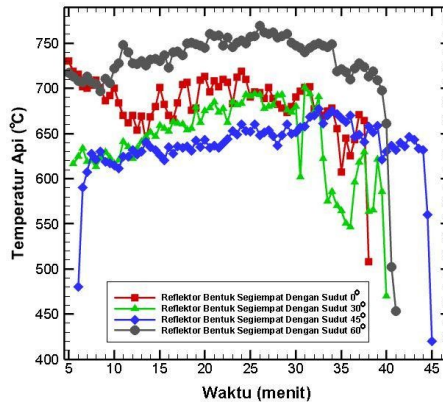
1. Perbandingan temperatur pada penambahan reflektor bentuk bulat dengan sudut vertikal ($0^{\circ}, 30^{\circ}, 45^{\circ}, 60^{\circ}$).



Gambar 6 grafik hubungan waktu dan temperatur api yang dihasilkan pada reflektor bentuk bulat dengan sudut vertikal $0^{\circ}, 30^{\circ}, 45^{\circ}, 60^{\circ}$.

Pada percobaan pertama pada reflektor berbentuk bulat dengan sudut vertikal 0° gasifikasi dimulai dengan suhu 580°C di menit 5. Dari temperatur awal ini suhu terus naik sampai puncaknya di menit 19 dengan temperatur 720°C setelah itu mengalami penurunan sampai menit ke 39 dengan temperatur 545°C kemudian tidak lagi terjadi pembakaran atau proses gasifikasi diperoleh temperatur rata – rata $586,65^{\circ}\text{C}$. Pada percobaan kedua dengan menggunakan reflektor bentuk bulat dengan sudut vertikal 30° gasifikasi dimulai pada 4,5 menit dengan temperatur 721°C . Dari temperatur awal ini suhu naik sampai puncaknya di menit 5,5 dengan temperatur 725°C setelah itu suhu terus menurun sampai 593°C di menit 46 dan akhirnya tidak terjadi pembakaran atau proses gasifikasi terhenti diperoleh temperatur rata – rata $604,77^{\circ}\text{C}$. Pada percobaan ketiga dengan reflektor bulat sudut 45° gasifikasi terjadi di menit 5 temperatur 501°C . Dari temperatur awal suhu naik sampai temperatur tertinggi 738°C pada menit 19,5 kemudian suhu turun sampai 663°C di menit 39 dan proses pembakaran atau gasifikasi terhenti temperatur rata – rata yang dihasilkan $626,39^{\circ}\text{C}$. Pada percobaan ke empat pada reflektor bulat sudut vertikal 60° gasifikasi dimulai pada menit ke 5 dihasilkan temperatur 705°C . Dari temperatur awal ini suhu naik hingga puncaknya di menit 18 dengan temperatur 728°C kemudian suhu turun sampai 591°C di menit 41 setelah itu tidak terjadi pembakaran atau gasifikasi terhenti menghasilkan temperatur rata – rata $624,31^{\circ}\text{C}$.

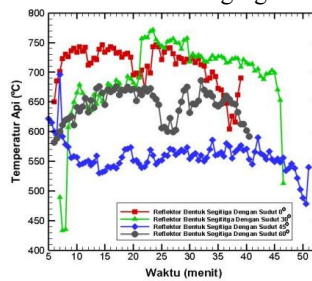
2. Perbandingan temperatur penambahan reflektor bentuk segiempat dengan sudut vertikal 0°, 30°, 45°, 60°.



Gambar 7 grafik hubungan waktu dan temperatur api yang dihasilkan pada reflektor bentuk segiempat dengan sudut vertikal 0°, 30°, 45°, 60°.

Pada percobaan pertama reflektor berbentuk segiempat dengan sudut vertikal 0° gasifikasi dimulai di menit 5 dengan temperatur 730 °C. Dari temperatur awal suhu tidak stabil dan cenderung menurun sampai 508 °C di menit 38 kemudian tidak terjadi pembakaran atau gasifikasi. Pada percobaan kedua reflektor segiempat dengan sudut vertikal 30° gasifikasi terjadi di menit 5,5 dengan temperatur 616 °C. Dari temperatur awal suhu naik terus hingga puncaknya di menit 31 diperoleh 701 °C setelah itu temperatur menurun hingga 470 °C di menit 40 kemudian tidak terjadi lagi pembakaran atau proses gasifikasi menghasilkan temperatur rata – rata 574,74 °C. Pada percobaan ketiga reflektor segiempat dengan sudut vertikal 45° gasifikasi dimulai di menit 6 dengan temperatur 480 °C. Dari temperatur awal suhu terus naik hingga puncaknya di menit 32,5 diperoleh temperatur 670 °C setelah itu temperatur menurun sampai 420 °C di menit 45 dan tidak terjadi lagi pembakaran atau proses gasifikasi menghasilkan temperatur rata – rata sebesar 568,08 °C. Pada percobaan keempat reflektor berbentuk segiempat sudut vertikal 60° gasifikasi dimulai di menit 5 dengan temperatur 717 °C. Dari temperatur awal suhu tidak stabil kemudian didapatkan suhu puncak di menit 26,5 dan 27,5 dengan 762 °C. Sampai di menit 41 suhu terus menurun sampai 453 °C dan api padam tidak terjadi gasifikasi lagi diperoleh temperatur rata – rata 653,54°C.

3. Perbandingan temperatur penambahan reflektor bentuk segitiga dengan sudut vertikal 0°, 30°, 45°, 60°.



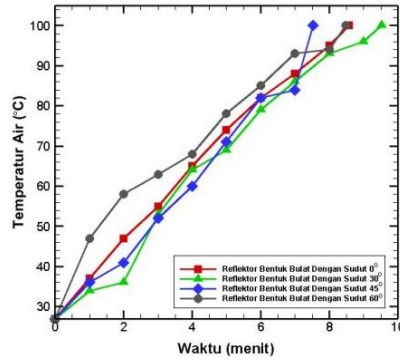
Gambar 8 grafik hubungan waktu dan temperatur api yang dihasilkan pada reflektor bentuk segitiga dengan sudut vertikal (0°, 30°, 45°, 60°).

Pada percobaan pertama reflektor berbentuk segitiga dengan sudut vertikal 0° gasifikasi dimulai di menit 6 dengan temperatur 650 °C. Dari temperatur awal suhu terus naik hingga 746 °C pada menit 14,5 kemudian suhu menurun sampai ke menit 24 temperatur naik ke suhu 746 °C setelah itu cenderung menurun sampai 690 °C di menit 38 dan api padam tidak terjadi proses gasifikasi lagi sehingga diperoleh temperatur rata – rata 623,69 °C. Pada percobaan kedua dengan reflektor berbentuk segitiga sudut vertikal 30° gasifikasi dimulai di menit 7 dengan temperatur 489 °C. Dari suhu awal temperatur terus naik hingga puncaknya di menit 23,5 dengan temperatur 771 °C kemudian temperatur menurun sampai 512 pada menit 46,5 dan setelah itu api padam tidak terjadi gasifikasi lagi diperoleh temperatur rata – rata 612,95 °C. Pada percobaan ketiga reflektor berbentuk segitiga dengan sudut vertikal 45° gasifikasi dimulai pada menit 5 dengan temperatur 622 °C. Dari temperatur awal suhu terus menurun hingga 540 °C di menit 51 kemudian api padam tidak terjadi gasifikasi lagi menghasilkan temperatur rata – rata 517,23 °C. Pada

percobaan keempat reflektor dengan sudut vertikal 60° gasifikasi dimulai dimenit 6 dengan temperatur 582°C . Dari temperatur awal suhu terus naik hingga puncaknya dimenit 17 dengan temperatur 676°C kemudian temperatur menurun sampai 592°C dimenit 40,5 dan setelah itu api padam tidak terjadi gasifikasi lagi dan diperoleh temperatur rata – rata $566,07^{\circ}\text{C}$.

3.2 Perbandingan Waktu Air Mencapai Temperatur 100°C

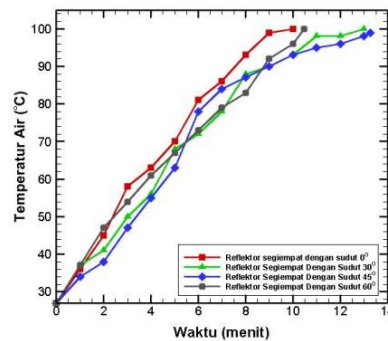
1. Waktu Waktu Air Mencapai Temperatur 100°C Pada Reflektor Berbentuk Bulat Dengan Sudut Vertikal (0° , 30° , 45° , 60°)



Gambar 9 grafik waktu air mencapai temperatur 100°C dan temperatur air pada reflektor berbentuk bulat dengan sumbu vertikal (0° , 30° , 45° , 60°)

Pada gambar 4.6 dapat diketahui bahwa mula – mula temperatur air adalah 27°C kemudian dipanaskan hingga mencapai temperatur 100°C . reflektor berbentuk bulat sudut vertikal (0° , 30° , 45° , 60°) membutuhkan waktu dibawah 10 menit dengan massa air 2 kg. Waktu air mencapai temperatur 100°C paling cepat pada reflektor berbentuk bulat sudut vertikal 45° dengan waktu 7 menit 53 detik dan paling lama 9 menit 53 detik oleh reflektor berbentuk bulat sudut vertikal 30° . Selain itu pada sudut 0° didapatkan waktu air mencapai temperatur 100°C dengan 8 menit 58 detik dan sudut 60° diperoleh waktu air mencapai temperatur 100°C yaitu 8 menit 48 detik.

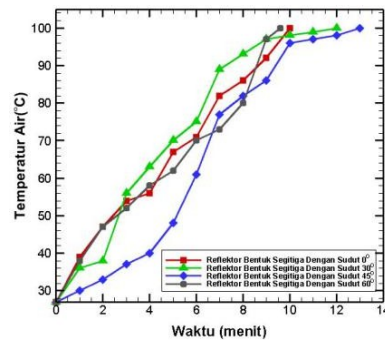
2. Waktu Air Mencapai Temperatur 100°C Pada Reflektor Berbentuk Segiempat Dengan Sudut Vertikal (0° , 30° , 45° , 60°)



Gambar 10 grafik air mencapai temperatur 100°C dan temperatur air pada reflektor berbentuk segiempat dengan sudut vertikal (0° , 30° , 45° , 60°)

Pada gambar diatas menjelaskan bahwa temperatur mula – mula air yaitu 27°C kemudian dipanaskan menjadi 100°C . pada reflektor berbentuk segiempat dengan sudut vertikal (0° , 30° , 45° , 60°) membutuhkan waktu dibawah 14 menit untuk mencapai temperatur 100°C . Pada percobaan ini waktu air mencapai temperatur 100°C paling cepat oleh reflektor berbentuk segiempat dengan sudut vertikal 0° dimenit 10 dan paling lama oleh reflektor berbentuk segiempat dengan sudut vertikal 45° dengan 13 menit 27 detik. Sedangkan pada percobaan reflektor berbentuk segiempat dengan sudut 30° dan 60° diperoleh waktu air mencapai temperatur 100°C yaitu 13 menit dan 10 menit 47 detik.

3. Waktu Pendidihan Air Dan Temperatur Air Pada Reflektor Berbentuk Segitiga Dengan Sudut Vertikal (0° , 30° , 45° , 60°).

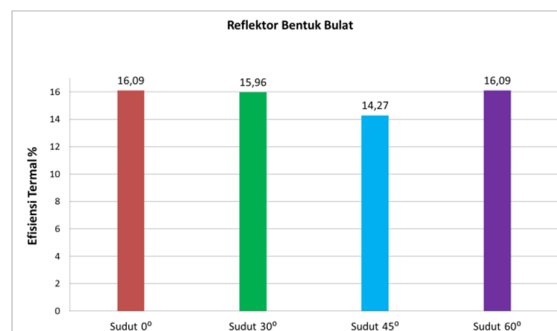


Gambar 11 grafik waktu pendidihan air Dan Temperatur Air dan temperatur air pada reflektor berbentuk segitiga pada sudut vertikal (0⁰, 30⁰, 45⁰, 60⁰).

Pada gambar diatas menjelaskan bahwa temperatur air mula – mula adalah 27 °C yang kemudian dipanaskan hingga 100 °C. pada refelektor berbentuk segitiga dengan sudut vertikal (0⁰, 30⁰, 45⁰, 60⁰) dibawah 14 menit untuk mencapai temperatur 100 °C. Pada percobaan ini waktu paling cepat untuk mencapai temperatur 100 °C oleh reflektor segitiga dengan sudut vertikal 60⁰ dengan 9 menit 58 detik dan paling lama pada reflektor dengan sudut 45⁰ dimenit 13. Sedangkan pada percobaan reflektor berbentuk segitiga dengan sudut vertikal 0⁰ dan 30⁰ diperoleh waktu 10 menit dan 12 menit.

3.3 Efisiensi termal

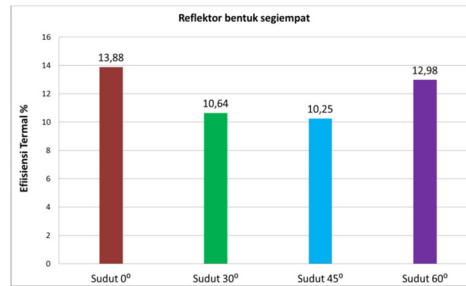
1. Grafik efisiensi termal reflektor bentuk bulat



Gambar 12 grafik efisiensi termal pada reflektor berbentuk bulat pada sudut vertikal (0⁰, 30⁰, 45⁰, 60⁰).

Pada gambar 12 menunjukkan perbandingan efisiensi termal pada 4 variasi sudut pada reflektor berbentuk bulat. Pada percobaan pertama dengan reflektor bentuk bulat sudut 0⁰ didapatkan efisiensi termal 16,09% sedangkan percobaan kedua menggunakan reflektor bentuk bulat sudut 30⁰ dari pembakaran diperoleh efisiensi termal 15,96% setelah itu percobaan ketiga menggunakan reflektor bentuk bulat dengan sudut 45⁰ diperoleh efisiensi termal 14,27% dan pada percobaan yang terakhir dengan menggunakan reflektor bentuk bulat dengan sudut 60⁰ efisiensi termal yang diperoleh adalah 16,09%.

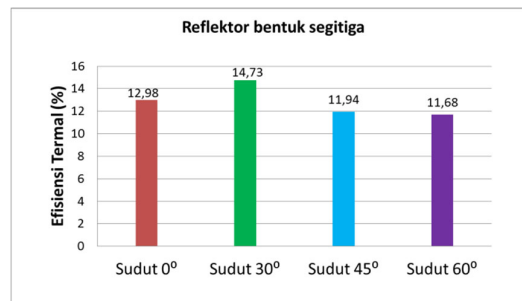
2. Grafik efisiensi termal reflektor bentuk segiempat



Gambar 13 grafik efisiensi termal pada reflektor berbentuk segiempat pada sudut vertikal (0° , 30° , 45° , 60°).

Pada gambar 13 menunjukkan perbandingan efisiensi termal pada 4 variasi sudut pada reflektor berbentuk segiempat. Pada percobaan pertama dengan reflektor bentuk segiempat sudut 0° didapatkan efisiensi termal 13,89% sedangkan percobaan kedua menggunakan reflektor bentuk segiempat sudut 30° dari pembakaran diperoleh efisiensi termal 10,64% setelah itu percobaan ketiga menggunakan reflektor bentuk segiempat dengan sudut 45° diperoleh efisiensi termal 10,25% dan pada percobaan yang terakhir dengan menggunakan reflektor bentuk segiempat dengan sudut 60° efisiensi termal yang diperoleh adalah 12,98%.

3. Grafik efisiensi termal reflektor bentuk segitiga



Gambar 14 grafik efisiensi termal pada reflektor berbentuk segitiga pada sudut vertikal (0° , 30° , 45° , 60°).

Pada gambar 14 menunjukkan perbandingan efisiensi termal pada 4 variasi sudut pada reflektor berbentuk segitiga. Pada percobaan pertama dengan reflektor bentuk segitiga sudut 0° didapatkan efisiensi termal 12,98% sedangkan percobaan kedua menggunakan reflektor bentuk segitiga sudut 30° dari pembakaran diperoleh efisiensi termal 14,73% setelah itu percobaan ketiga menggunakan reflektor bentuk segitiga dengan sudut 45° diperoleh efisiensi termal 11,94% dan pada percobaan yang terakhir dengan menggunakan reflektor bentuk segitiga dengan sudut 60° efisiensi termal yang diperoleh adalah 11,68%.

4. PENUTUP

Hasil pengujian dari tungku gasifikasi updraft dengan penambahan reflektor pada burner adalah sebagai berikut :

- Berikut adalah suhu yang dihasilkan selama pembakaran:
 - Pada pengujian reflektor bentuk bulat menghasilkan suhu paling tinggi adalah pada reflektor bentuk sudut 45° dengan 738°C dan temperatur rata – rata $626,38^{\circ}\text{C}$.
 - Pada pengujian reflektor bentuk segiempat menghasilkan suhu yang paling tinggi adalah pada reflektor sudut 60° dengan 762°C dan temperatur rata – rata $653,54^{\circ}\text{C}$.
 - Pada pengujian reflektor bentuk segitiga menghasilkan suhu paling tinggi adalah reflektor dengan sudut 30° dengan 771°C dan temperatur rata – rata $612,95^{\circ}\text{C}$.
- Penambahan reflektor pada burner dengan bentuk bulat, segiempat dan segitiga pada sudut vertikal (0° , 30° , 45° , 60°), mempengaruhi efisiensi termal pada tungku gasifikasi updraft. Berikut efisiensi termal yang dihasilkan :
 - Pada bentuk bulat efisiensi paling tinggi adalah 16,09% oleh reflektor dengan sudut 0° dan 60° .
 - Pada bentuk segiempat efisiensi paling tinggi adalah 13,89% oleh reflektor dengan sudut 0° .
 - Sedangkan pada bentuk segitiga efisiensi paling tinggi adalah 14,73% oleh reflektor dengan sudut 30° .

DAFTAR PUSTAKA

- Belonio, A.T and With Preface, *Rice Husk Gas Stove Hand Book*, 2005. Daniel Travieso and others, *Experimental Study of Bottom Feed Updraft Gasifier*, Renewable Energy, 57 (2013), 311–16 <<https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.01.056>>.
- Djokosetyardjo, M.J. 1999. *Ketel Uap*. Jakarta. Pradnya Paramita. Handoyo, 2013. *Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Terhadap Temperatur Pembakaran Pada Tungku Gasifikasi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hary, Riarno. 2008 : *Perancangan dan Pembuatan Pembakar (Burner) Gasifikasi*. Institut Teknologi Bandung.
- N L Panwar, B L Salvi and V Siva Reddy, *Performance Evaluation of Producer Gas Burner for Industrial Application, Biomass and Bioenergy*, 35.3(2011), 137377 <<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.12.046>>.
- Subroto. 2014, *Perbandingan unjuk kerja kompor methanol dengan variasi diameter burner*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, MEDIA MESIN, Vol.15, , 10–16, ISSN 1411–4348.
- Sukmawan, Oky Norli. 2007. *Pengaruh Penambahan Reflektor Terhadap Temperatur Api Yang Dihasilkan Pada Kompor Minyak Tanah Bertekanan Dengan Variasi Bentuk Reflektor Kotak, Bulat Dan Segitiga*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Susilo, Joko. 2008. *Variasi Pengganggu Aliran Udara Primer dan Variasi Reflektor Bentuk Silinder Pada Tungku Briket Batubara Untuk Mendapatkan Temperatur Yang Optimum Dan Gas CO*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wijianto, Subroto dan Sarjito. 2016. *Variasi Kecepatan Aliran Udara Pada Tungku Gasifikasi Limbah Biomassa Terhadap Nyala Efektif Dan Temperatur Pembakaran*. The 4th Universty Research Coloquium 2016 Universitas Muhammadiyah Surakarta, 43-48, ISSN 2407-9189.
- Yaning Zhang and others, *SC, Journal of Cleaner Production*, 2015 <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.053>>.